

TARTU ÜLIKOOL
LOODUS- JA TÄPPISTEADUSTE VALDKOND
ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT
ZOOLOOGIA ÕPPETOOL

Mereprügi päritolu ja selle mõju mereelustikule

Bakalaureusetöö
Lõputöö maht (12 EAP)
Nimi Marian Metsar
Juhendaja PhD Georg Martin
Kaasjuhendaja MSc Greta Reisalu
TARTU 2020

Tarbimise ning seeläbi ka prügi kogus on kasvanud viimaste kümnendite jooksul eksponentsiaalselt ja tänaseks on prügi leitav kõikidest merelistest keskkondadest. Pidev plasti tootmine ning selle kehv ja ebapiisav ümbertöötlemise süsteem on viinud olukorrani, kus *ca* 10% kogu plastprügist jõuab merelisse keskkonda. Käesoleva bakalaureusetöö raames analüüsitud kirjanduse põhjal selgub, et levinuim prügiliik, mida merelises keskkonnas elavatest isenditest leitakse, on plast ning sellest omakorda levinuimad on kiud ehk fiibrid. Tuleb välja, et plastile eksponeeritud loomad on vähem elujõulised kui plastivabas elukeskkonnas kasvavad ja elavad isendid. Ulatuslik mereprügi reostus ja merelises keskkonnas elavate loomade organismide plastisisaldus on tõsine oht kogu mereelustikule, seeläbi ka kalandusele ning inimühiskonna tervisele ning nõuab kohest tegutsemist.

Constant mass manufacturing of plastic and its insufficient recycling has led to a situation, where 10% of all plastic litter finds its way to marine environment. Plastic fibers from cosmetics, detergents and other household chemicals end up in marine environment through sewage systems. Because of their small size fibers can't be sufficiently removed from the sewage water. Marine life effected by plastic trough ingestion have reduced body condition, weigh less and worsened nutritional state. Extensive pollution of microplastic and contamination of marine fauna is a threat to marine life and thus to fishing industry and public health, which requires immediate action.

Märksõnad: Mereprügi, mereplast, mereprügi mõju mereelustikule, mikroplasti mõju mereelustikule, marine litter, marine plastic, microplastic impact on marine life

Sisukord

| | |
|---|----|
| 1. Sissejuhatus | 5 |
| 2. Mereprügi mere pinnal, põhjal, veesambas ja randadel | 7 |
| 3. Mereprügi päritolu | 10 |
| 4. Mereprügi klassifikatsioon | 12 |
| 5. Plast mereprügis | 13 |
| 5.1. Plasti lagunemisprotsess | 14 |
| 5.2. Plast ja selle mõju organismidele | 17 |
| 6. Uurimisprojekti kavand | 23 |
| 6.1. Uurimisprojekti ülevaade | 23 |
| 6.2. Uurimisprojekti metoodika | 24 |
| 6.3. Välitöömetoodika kontrollimine | 26 |
| Kokkuvõte | 29 |
| Summary | 31 |
| Kasutatud kirjandus: | 33 |

1. Sissejuhatus

Töö eesmärgiks on koostada ülevaade mereprügi, täpsemalt just mereprügi hulka kuuluva plasti mõjust mereelustikule. Kirjeldatakse prügi mõju mereelustikule globaalselt, sealhulgas ka Läänemeres. Püütakse leida levinuimad prügi tüübid, mis mereelustiku mõjutavad, ning uurida, millisel moel nende mõju avaldub. Töös tutvustatakse ka uurimisprojekti kavandit, mis on autoril plaanis läbi viia magistriõpingute käigus. Uurimisprojekti eesmärgiks on Eesti liivarandadel kaldale uhutud mereprügi uurimise ja analüüsi käigus määrata selle koostis ja päritolu. Uurimuse käigus kogutud infot saab kasutada prügi käitumise mõistmiseks erinevates ökosüsteemides. Samuti saab infot kasutada väljatöötamiseks meetodeid, kuidas prügi levimist takistada. Uurimisprojekt on osa suuremast projektist – *“Litter rim of the Baltic Sea coast: monitoring, impact, and remediation”* (ERA.Net RUS BalticLitter), mille käigus jälgitakse ja uuritakse Läänemere erinevate piirkondade ning ökosüsteemide olukorda. Jälgitakse mereprügi kogust, jaotatust ja koostist ning selle muutumist ajas.

Antud teema on tänapäeva kontekstis aktuaalne, PubMed andmebaasis on 2020. aasta märtsi seisuga 695 artiklit, mis puudutavad mingil määral mereprügi. Kasvava tarbimisega ühiskonnas on oluline, kuidas me prügi käitleme, sest pärast tööstusrevolutsiooni on tarbimine ja tootmine ning seega ka prügi tekkimise kogus eksponentsiaalselt tõusnud (Villarrubia-Gómez et al., 2018). Läänemeri on üks suurima inimõju all kannatav meri, sest on ümbritsetud tihedalt asustatud riikidega ja veevahetus läbi Taani väinade on aeglane. Kogu prügi ja saaste, mis lõpetab oma tee Läänemeres, mõjutab tugevalt sealset elustikku. Selleks, et säilitada ja taastada liigirikkust ning Läänemerd kui elupaika, et välja selgitada prügi mõju elustikule ning liigutada tööstust keskkonnasäästlikemate meetmete kasutamise poole, tuleb uurida, millises seisus meri hetkel on ning millised on põhilised saaste- ja reostuse allikad. Mereelustiku ja -kaskonna säilitamiseks tuleb uurida, millises seisus meri hetkel on ning millised on põhilised saaste- ja reostuse allikad.

Üheks suurimaks mereprügi komponendiks on plast, mis on maailmas suhtelist uus materjal ning mille pikaajalist mõju organismidele ei ole jõutud piisavalt uurida, arvestades materjali ulatuslikku levikut. Plaste on erinevaid ja lisandained käituvad tihti

püsivate orgaaniliste saastajatena, mille pikaajalisest mõjust elustikule teatakse veel vähe.

Kogu Eesti rannikumeres ei seiratud enne 2017. aastat mere makroprügi mere pinnal, veesambas ega ka mere põhjal (Martin, 2018). Alates 2015. aastast on ka Läänemere-äärsetes riikides oluliselt suurenenud mereprügi kaardistamisega seotud projektide ja uuringute arv, nende hulgas on ellu viidud ka näiteks rahvusvahelised projektid BLASTIC ja MARELITT (Martin, 2018).

Uurimustöö hüpoteesina eeldan, et plastist läbi seedesüsteemi mõjutatud merelises keskkonnas elavad isendid on vähem elujõulised (st väiksem suurus, toitaine omastamisvõime, sigimisedukus), kui isendid, kellele plasti läbi seedesüsteemi eksponeeritud ei ole. Samuti eeldan, et levinuimaks alla neelamise teel seedetrakti sattuvaks plastobjektiks on kiud ehk fiibrid. Alternatiivhüpoteesina eeldan, et plast ei mõjuta merelises keskkonnas elavate isendite elujõulisust.

2. Mereprügi mere pinnal, põhjal, veesambas ja randadel

Mereprügiks loetakse inimtegevuse käigus töödeldud või toodetud tahkeid objekte, mis on jõudnud ühel või teisel viisil merelisse ökosüsteemi (Balciunas, 2018). Mereprügi hulka kuuluvad inimeste poolt merelisse ökosüsteemi ja ka randadele unustatud või tahtlikult ära visatud erinevatest materjalidest esemed, mis koosnevad enim sellistest materjalidest nagu klaas, metall, paber ja plast (Balciunas, 2018). Mereprügi mõjutab loomade elukohti ja nende tervist, jääb merre pikaks ajaks ega lagune (Balciunas, 2018).

Prügi ning eriti plasti kogus on kasvanud viimaste kümnendite jooksul märgatavalt ja tänaseks on leitav kõikidest merelistest keskkondadest: merepinnalt, veesambast, randadelt, mere põhjast, merelisest jääst ja meredes elavatest organismidest (BLASTIC, 2015). Pidev plasti tootmine ning selle kehv ja ebapiisav ümbertöötlemise süsteem on viinud olukorrani, kus *ca* 10% kogu plastiprügist jõuab merelisse keskkonda (Bergmann, et al., 2015), ning kuna plasti lagunemine võib kesta aastasadu, siis on plastobjektid merelises keskkonnas vägagi püsivad (Gewert et al., 2015; BLASTIC, 2015).

Euroopa komisjoni otsuses 2017/848 on toodud, et mereprügi puhul on hea keskkonnaseisundi kvalitatiivseks tunnuseks see, et prügi koostis, kogus ja ruumiline levik merepõhjas on tasemel, mis ei kahjusta ranniku- ja merekeskkonda (Euroopa Komisjon, 2017; Martin, 2018).

Mereprügi leidub nii asustatud kui ka mitteasustatud randades ning randade reostus pole vaid visuaalne probleem, vaid on kahjulik lokaalsele elustikule (Haseler et al., 2018). Eriti kahjulik on just plastist prügi, mis piirab bioloogilisi organisme füüsiliselt ja mõjutab neid läbi seedetrakti (Haseler et al., 2018). Läänemeres moodustab plast randadel leitavast mereprügist umbes 70% (Haseler et al., 2018). Euroopa riikide merealade keskkonna kaitseks on Euroopa Liit kehtestanud Merestrateegia Direktiivi "*Marine Strategy Framework Directive*" ehk MSFD, mille kohaselt tuleb uurida ja jälgida paljude muude parameetrite ja näitajate hulgas ka rannäärse prügi hulka ja olemust pikema aja vältel, erinevates kohtades ning võimaluse korral välja selgitada ka prügi päritolu.

2019. aastal läbiviidud mere pinnal hõljuva prügi visuaalsel uuringul Läänemere põhjaosas märgati, et merepinnal hõljuvat prügi esineb hooajati ning enamasti leidub seda suuremate sadamalinna lähistel (Rothhäusler et al., 2019). Levinuimad identifitseeritavad makroprügi objektid olid kilekotid, samuti märgati plastpudeleid ja -topse. Vahtpolüstüroolist, mis kuulub plasti alla, leiti samuti prügiobjekte, mis võisid olla pärit kalandusest või kalakasvandustest (Rothhäusler et al., 2019).

2018. aastal Tartu Ülikooli Eesti mereinstituudis läbi viidud uuringus “Merepõhja prügi seire rannikumeres - metoodika ja hinnang MSRD aruandluseks” selgus, et Läänemeres Eesti piirkonna ümbruses vahetu inimõjuta madala rannikumere osas ehk looduslikel aladel leidub mereprügi vähesel määral (Martin, 2018). Prügiobjektide kogused olid suuremad sadama-aladel. Koostiselt olid leitud prügiobjektid peamiselt metall-, puit- ning plastjäätmel, järgnesid klaas/keraamika ning kumm (autorehvid). Randadelt leiti prügi nii asustatud kui ka otsese inimõjuta piirkondadest ning prügiobjektide koostisosalt domineeris plast, mis moodustas üle 60% rannalt leitud prügiobjektidest. Põhjus randade ja merepõhjaprügi materjalierinevuseks võib olla materjalide tihedus, mis soodustab või takistab ühel või teisel materjalil merelisest keskkonnast randadele jõudmast ning vastupidi. Rannikumere merepõhja makroprügi indikaatori hetkeseis Eesti merealal on hea ning Läänemere alambasseini keskkonnaseisund on hea (Martin, 2018).

Tartu Ülikooli Eesti mereinstituudis läbi viidud uuringu põhjal oli Läänemere liivarandadelt leitud enamus rannaprügi objektidest plast (Martin, 2018), 2019. aastal läbi viidud visuaalse uuringu põhjal osutus enim esinevaks materjaliks samuti plast (Rothhäusler et al., 2019). Randadele võivad prügiobjektid jõuda nii maismaalt kui merelt, liivarandadel on üheks oluliseks prügiallikaks turism, sadamad ja muu tiheda asustusega kaasnevad reostusallikad. Eelmainitud uuringute põhjal domineerivad mere pinnal ulpivad ja randadel leiduvad plastist prügiobjektid.

2019. aastal seirati Tartu Ülikooli Eesti mereinstituudis Eesti Läänemere-äärsetel randadel rannikuprügi ühe aasta vältel (Press, 2019). Randadelt kogutud prügiobjektide materjalikategooriatest domineeris plast 66% osaluses rannikuprügi koguhulgast (Press,

2019). Võrreldes 2014-2015 perioodi plasti osakaalu uuritud 2017-2018 perioodiga, tõusis rannaprügis plastprügi osakaal 54%-lt 66%-le (Press, 2019). Peale plasti esines randadel arvukalt ka klaas- ja keraamikaesemeid, mis on eelmise perioodi seire andmetega võrreldes arvukuselt vähenenud, kuid mis on naabermaades kogutud merelise prügi seireandmetega võrreldes suhteliselt suur osakaal rannaprügi koguhulgast (11%) (Press, 2019). Seiratud rannikualade prügiobjektide materjalide kategooriatest järgnesid plastile, klaasile ja keraamikale metall, puit, paber ja kartong, muust materjalist esemed või identifitseerimatud fragmendid, tekstiilesemed ning orgaanika (Press, 2019).

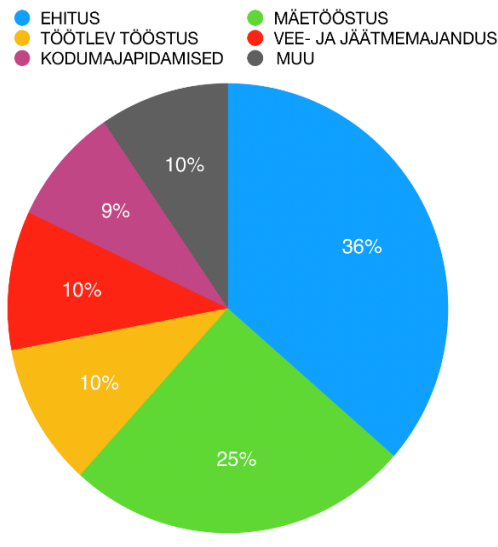
Pilliroog (*Arundo donax*) kasvab randadel, jõgedes ja kanalite ümbruses ning seda niidetakse tiheda asustusega alade läheduses hooajati (Battisti et al., 2020). Tormide ja hoovuste läbi satub pilliroog merelisse ökosüsteemi ning sealt omakorda randadele (Battisti et al., 2020). Liivarannale uhutuna muutub pilliroog detriidiks ja kiire lagunemiskiiruse tõttu on hea substraat paljudele mikroorganismidele, kuid samuti takerdub pilliroovallidesse suur kogus mikro- ja mesoplasti, võrreldes randadega, millel pilliroovalle ei leidu (Battisti et al., 2020). Prügi vallidesse takerdumist ja seeläbi rannaelustiku häirimise takistamiseks aitaks pilliroo ära korjamine peale niitmist (Battisti et al., 2020), pilliroo ära korjamine takistab prügi kogunemist kitsamasse piirkonda, liivarandadele, kuid merelises ökosüsteemis jääb prügi hulk konstantseks. Pilliroo kokku korjamine takistaks probleemil liivarandadeni jõudmast, kuid ei lahendaks ega takistaks olemasoleva probleemi edasi arenemist.

3. Mereprügi päritolu

Üldise arusaama järgi pärineb mereprügi üht või teist teed pidi siiski maismaalt (BLASTIC, 2015). Maismaa prügi võib pärineda otse rannikualalt, näiteks turismiasutustest, või jõuda merre sisemaalt läbi jõgede või reoveetorustike, eriti tööstus- ja linnarajoonide puhul (BLASTIC, 2015). Jõesuud toovad merelisse keskkonda suures koguses makro-, meso- ja mikroplasti (BLASTIC, 2015). Prügi päritolu erineb oluliselt regiooniti, näiteks pärineb Vahemere, Musta mere ja Läänemere piirkonnas enamuse mereprügi maismaalt, samas kui Põhjameres on merega seotud tegevuste prügiireostus maismaalt pärineva prügiga samas suurusjärgus (Martin, 2018).

Tähtsaimad maismaa päritolu mereprügi allikad on ehitusvaldkond, majapidamised, pakendid, rannaäärne turism ja sellega kaasnevad toidu- ja joogipakendid (BLASTIC, 2015; Eurostat, 2019).

Euroopa statistikaameti andmetel tekkis 2016. aastal Euroopa liidus majandustegevuse tulemusena ja kodumajapidamistes kokku 2538 miljonit tonni jäätmeid, millest 36,4% pärines ehitusvaldkonnast, 25,3% mäetööstusest, 10,3% töötlevast tööstusest, 10% vee- ja jäätmemajandusest, 8,5% kodumajapidamistest, 4,6% teenustest, 3,1% energeetikast ning 1,8% muudest valdkondadest (Eurostat, 2019). Euroopa statistikaameti 2016. aasta andmete põhjal koostatud jooniselt 1 on näha prügi kogused valdkondadest protsentuaalselt.



Joonis 1. Jäätmete tekkemahud protsentuaalselt Euroopa Liidus valdkonniti 2016. aasta seisuga.

Olmeprügi tekkis Euroopas 2018. aastal Eurostati andmete järgi elaniku kohta 489 kg, millest 47% töödeldi ümber. Eestis tekkis olmeprügi 2018. aastal elaniku kohta 405 kg (Eurostat, 2019). Olmeprügi moodustab vaid 8,5% üleüldiselt toodetavast prügist, kuid satub põhjusega suure tähelepanu alla oma variatiivsete omaduste, leviku, tarbimisharjumuste ja keeruka ümbertöötamise tõttu (Eurostat, 2019).

Majapidamises kasutatavad kosmeetika- ja puhastustoodetest pärit mikroplast ja tekstiilikiud jõuavad merre läbi reovee. Oma väikese suuruse tõttu ei suudeta reoveest tõhusalt mikroplasti eemaldada. (Balciunas, 2018) Prügi jõuab merre peamiselt mitteotstarbekohasel tualeti kasutamisel, illegaalsel jäätmetest vabanemisel, läbi ebapiisava reovee puhastamise või esemete unustamise (Balciunas, 2018).

4. Mereprügi klassifikatsioon

Mereprügi efektiivseks kaardistamiseks, klassifitseerimiseks ja analüüsimiseks lokaalsel ja regionaalsel skaalal peab olema võimalik võrrelda prügi samade muutujate tasemel. EL Merestrateegia Direktiivi täitmiseks on välja töötatud metoodika mereprügi seireks. Mainitud direktiivi järgitakse ka käesoleva töö uurimisprojekti kavandi metoodikas (lk 108-109, WG-GES, 2013).

Mikroprügiks loetakse mereprügi, mis jääb mõõtmest alla 5 mm, see omakorda jaguneb suureks mikroprügiks (1-5 mm) ja väikeseks mikroprügiks (<1 mm). Mesopprügiks loetakse mereprügi, mis jääb suuruselt vahemikku 5-25 mm. Makroprügiks loetakse kõiki mereprügi osakesi, mis on suuremad kui 25 mm.

Metoodikas on välja toodud nimekiri põhilistest mereprügi tüüpidest ja kategooriatest. Nimekirjas on välja toodud (lk 107, WG-GES, 2013):

- unikaalne kood, mis võimaldab analüüsi OSPAR või UNEP programmides;
- üldine eseme kirjeldus või nimi;
- põhiline materjal, millest ese on tehtud (Level 1);
- üldisem esemete grupeering (Level 3).

Mereprügi objektide päritolu määratakse tavaliselt sektori (nt kalandus, ehitus, kodumajapidamised) ning prügi mereni jõudmise raja järgi (nt läbi jõgede, otsene merre laskmine), mille tuvastamine on eriti tähtis, kuna läbi päritolu on võimalik välja selgitada allikas ning sealt omakorda probleemiga tegeleda (lk 106-109, WG-GES, 2013). Mõnede prügiobjektide päritolu määramine on lihtne, näiteks kalastamisega seotud varustus pärineb kalanduse valdkonnast ning näiteks vatitikud, tampoonid ja ühekordsed niisked lapid satuvad merelisse keskkonda enamasti läbi kanalisatsiooni (lk 106-109, WG-GES, 2013). On prügiesemeid, mille päritolu määramine osutub väga keerukaks, näiteks plastpudel võib merre sattuda otse rannalt, laevapardalt või jõest, seega peab arvestama asjaoluga, et paljude prügiobjektide päritolu pole võimalik täpselt määrata. (lk 106-109, WG-GES, 2013)

5. Plast mereprügis

Plastid on varieeruv grupp polümeere, mis on enamasti vastupidavad, väikese tihedusega ning suhteliselt madalate tootmiskuludega ained (Balciunas, 2018), seega on plast ideaalne tooraine erinevatele pakenditele ning lisaks paljudele muudele toodetele. Plasti tootmine on eksponentsiaalselt kasvanud alates 1950. aastast, millest alates oli 1,5 miljonist tonnist saanud 2015. aastaks 322 miljonit tonni (Villarrubia-Gómez et al., 2018). Hinnanguliselt jõudis 2010. aastal 4,8 kuni 12,7 tonni taaskasutamata ning töötlemata plasti prügi hulgas ookeanidesse (Villarrubia-Gómez et al., 2018). Mere plastireostus pole tagasipööratav, kuid probleemi edasiarengut on võimalik aeglustada (Villarrubia-Gómez et al., 2018).

Levinuimad plastid, mis moodustavad *ca* 80% Euroopa plastinõudlusest, on polüetüleen (PE), polüpropüleen (PP), polüvinüülkloriid (PVC), polüstüreen (PS), polüetüleentereftalaat (PET) ja polüüretaan (PU) (Gewert et al., 2015). Üle kolmandiku USAs ja Euroopas kasutatavast plastist on mõeldud kolm aastat pärast kasutust ära viskamisele (Gewert et al., 2015).

Plast moodustab pea 80% settinud ehk merepõhja prügist, järgnevad metall ja klaas (Akoumianaki et al., 2008). Samuti võib plast tekitada tahke pinnakihi ebaloomulikesse kohtadesse, näiteks mudale ja liivale, ning seeläbi suurendada võõrliikide levikut (Akoumianaki et al., 2008). Kilekotid, nii biolagunevad kui ka tavalised, loovad merepõhjas hapnikuvaese keskkonna, blokeerides füüsiliselt hapniku difusiooni merepinna ja õhu vahel (Green et al., 2015). Hapnik on merelises keskkonnas elavale floorale ja faunale eluliselt tähtis komponent, seega mõjutavad plastkotid otseselt merelist liigirikkust (Green et al., 2015). Settinud plast takistab õhuvahetust sedimendikihtide vahel ning seeläbi tekitab hüpoksiat ja anoksiat (Akoumianaki et al., 2008). Hüpoksia ja anoksia tõttu on merelises keskkonnas täheldatud floora ja fauna arvukuse massilist langust. Samuti tekitab hüpoksia merelises keskkonnas vee eutrofeerumist (Green et al., 2015).

5.1. Plasti lagunemisprotsess

Enamik plastidest merelises keskkonnas ei biolagune, vaid lagunevad ajapikku väiksemateks osadeks, mis on veeloomade jaoks kergemini segamini aetavad toiduga – nii satub plast toiduahelasse (MARLIN, 2013; Kershaw, 2015).

Merelises keskkonnas mõjutab plasti lainete mehaaniline jõud, UV-kiirgus pikkusega alates 300 nm, hapnik ning mõõdukas, kõikuv temperatuur (Gewert et al., 2015; Villarrubia-Gómez et al., 2018). Kõigepealt laguneb plast abiootiliselt temperatuuri, vee või UV-kiirguse mõjul suuremast väiksemateks osakesteks, seejärel järgneb biootiline lagunemine (Gewert et al., 2015). Põhilisteks mereplasti lagunemisviisideks on päikesest tulenevate UV-kiirte mõjul toimuv fotodegradatsioon ning temperatuuri mõjul toimuv termooksüdatsioon, mis algatab polümeeri süsinikest koosneva põhiahela lagundamise, mis viib ahela katkemiseni (BLASTIC, 2015; Gewert et al., 2015). Osad plastid lagunevad ka hüdrolyüsi teel (Gewert et al., 2015).

Enamike plastide lagunemisprotsess algab plasti pinnalt, mis on kõige paljastatum väliskeskkonnast pärit kemikaalide või ensümaatilistele mõjudele ning UV-kiirgusele. Seega lagunevad mikroplastid kiiremini kui meso- või makroplastid, sest mikroplastil on suurem pinna ja ruumala suhe (Gewert et al., 2015). Esimesed visuaalsed märgid plasti lagunemisest on värvuse muutus ning pindmisesse kihti mikropragude teke, mis omakorda muudab plasti hapramaks (Kershaw, 2015; Gewert et al., 2015). Polümeeri süsinikahela katkedes moodustuvad fragmendid on biolagunemisele vastuvõtlikumad ning seega järgneb enamasti abiootilisele biootiline lagunemine (Gewert et al., 2015). Kui polümeeri põhiahelas esineb heteroatomeid (näiteks PET ja PU), siis toimub lagunemisprotsess sellises järjekorras: fotooksüdatsioon → hüdrolyüs → biodegradatsioon (Gewert et al., 2015). Lagunemisprotsessil tekivad väikesema molaarmassiga osakesed nagu monomeerid, oligomeerid, samuti uued ühendid, mis kuuluvad enamasti karboksüülhapete klassi (Gewert et al., 2015).

Fotoooksüdatsioonil ehk UV-kiirguse ja hapniku koosmõjul toimival lagundamisprotsessil jääb lagunevatesse polümeersettesse ühenditesse hapnikku

sisaldavaid ühendeid (BLASTIC, 2015). Samuti tekivad UV-kiirguse mõjul polümeeri süsiniku ja vesiniku vahelise sideme lõhkumisel väga reageerimisvõimelised radikaalid (Gewert et al., 2015). Fotooksüdatsioon tekitab pikkade polümeeriahelate katkemist, mis muudab plasti omadusi, näiteks vähendab mehaanilist tugevust (BLASTIC, 2015). Eriti UV-B kiirgus aitab oma lühikese 290–315 nm lainepikkuse ja kõrge energiapotentsiaali tõttu kaasa plasti lagundamisele, kuid enamuse päikeselt tulenevast valgusspektrist on pikema lainepikkusega valgus, seega on suurim UV-tingitud lagunemine põhjustatud just nähtava valguse, lainepikkusega 380-700 nm, ning UV-A kiirguse poolt, mis on lainepikkusega 315-380 nm (BLASTIC, 2015). Valgusest põhjustatud lagunemisprotsesside hulk kasvab temperatuuri tõustes, ka mõjutab lagunemiskulgu plasti värvus, sest tumedama värvusega plast on rohkem mõjutatud päikesest tuleneva UV-kiirguse poolt ning laguneb seetõttu kiiremini kui heledamat värvi plast (BLASTIC, 2015).

Ka bioloogilised faktorid mõjutavad meres ulpivat ja randadele uhtunud plasti lagunemiskulgu (BLASTIC, 2015). Erinevad mikroorganismid võivad leida plastitükkidel uue elupaiga ja tekitada plasti ümber biofilmi ehk -kile, mis omakorda soodustab selgrootute kinnitumist biofilmiga kaetud plastile (BLASTIC, 2015). Plasti ümbritsev biokile takistab plasti lagunemist: absorbeerides UV-kiirgust takistab biofilm valgusel plastini jõudmist (BLASTIC, 2015).

Plasti lagunemisel merelises keskkonnas tekivad potentsiaalsed keemilised ohud ja mitte ainult püsivate orgaaniliste saastajate tõttu (ingl *persistent organic pollutants* e POP), mis plasti pinnalt keskkonda satuvad, vaid ka plastidesse lisatavad keemilised ühendid, mis pole polümeeri endaga kovalentselt seotud ja satuvad seega lagunemisel lihtsamalt keskkonda (Villarrubia-Gómez et al., 2018; Gewert et al., 2015). Plasti lagunemisprotsessi kiirus sõltub suuresti lisatud keemilistest ühenditest (Gewert et al., 2015) ja muudest omadustest, näiteks suurema molekulmassiga, kõrgema sulamistemperatuuriga ja korrapärasema kristalsuse astmega (ingl *degree of crystallinity*) plastid biolagunevad ajaliselt nii palju aeglasemalt, et merelises keskkonnas seda peaaegu ei toimu (Kershaw, 2015; BLASTIC, 2015).

Oletatavalt jäävad plastid ökosüsteemi sadadeks või isegi tuhandeteks aastateks (Gewert et al., 2015). Biolagunemine on ainus protsess, mis suudab plastmassi keskkonnast eemaldada, lagundades polümeeri alkosadeks (BLASTIC, 2015).

Jaapani rannikuäärsete alade süvikutest on leitud baktereid, mis on võimelised lagundama polükaprolaktooni (PCL), kuid reaktsioon on väga temperatuuritundlik ja raskesti integreeritav muudesse looduslikesse tingimustesse (Kershaw, 2015).

Biolagunevate kilekottide kasutamine ei vähenda ega kaota plastist tekitatud keskkonnareostuse probleemi, sest tähtsisel põhinevate (ingl *starch-based* Mater-Bi™) biolagunevate kilekottide lagunemisprotsess on merelises keskkonnas pikk (Kershaw, 2015). Mittebiolagunevad polüetüleenist plastid lagunevad merelises keskkonnas ülimalt aeglaselt ning on väga vähe tõendeid, et merelises keskkonnas mittebiolagunevad polüetüleenist plastidega üldse toimub mingisugust biolagunemist (BLASTIC, 2015; Kershaw, 2015).

Saksamaal 2016. aastal läbi viidud uuringus inkubeeriti polüpropüleen ja biolagunevaid kilekotte orgaanikarikka mere põhja simuleerivas keskkonnas. Biolagunevatel kilekottidel oli aeroobsete bakterite elutegevus keskmiselt viis ja anaeroobsete bakterite elutegevus keskmiselt kaheksa korda suurem kui polüpropüleenist kilekottidel (Nauendorfa et al. 2016). 98 päeva vältel ei näidanud kumbki kilekotitüüp aeroobses ega ka anaeroobses keskkonnas märke biolagunemisest, seega võivad põhjasetetesse jõuda peale tavalise plasti ka biolagunevad plastid (Nauendorfa et al. 2016).

Plasti lagunemine merelises keskkonnas erineb suurelt maismaal toimuvast lagunemisest temperatuuri ja päikesevalgusest tuleneva UV-kiirguse tõttu (BLASTIC, 2015). Üldiselt toimub merelises keskkonnas lagunemine madalama temperatuuri tõttu aeglasemalt kui maismaal, samuti väheneb veesamba sügavnedes märgatavalt lagunemist põhjustava UV-kiirguse hulk ja langeb temperatuur, eufootsesse vööndisse päikesevalgus enam ei ulatu ning UV-kiirgusest või temperatuurist tulenevat lagunemist ei saa enam toimuda (BLASTIC, 2015). Merepinnal ulpiv plast laguneb efektiivselt vaid fotooksüdatiivsel teel, randadele uhutud plast laguneb foto- ja termooksüdatiivselt, lagunemisele aitab kaasa keskkonnast tingitud mehaaniline jõud ja soolsus (BLASTIC, 2015).

5.2. Plast ja selle mõju organismidele

Suur osa mikroplastist tekib suuremate plastitükkide korrodeerumisel ja lagunemisel väiksemateks osadeks (Villarrubia-Gómez et al., 2018). Väga suurt rolli mängivad ka juba maismaal lagunemisprotsessi alustanud sünteetilised tekstiilikiud (Villarrubia-Gómez et al., 2018; Balciunas, 2018). Mereelustikule kõige ilmselgemad ohud seoses mereprügiga on prügisse takerdumine või kinnijäämine ning sissesöömine (Martin, 2018). Kas Läänemere piirkonnas esineb otsene seos makro- ning mikroprügi ohtruse vahel, vajab täpsemaid uuringuid (Martin, 2018).

2019. aasta seisuga on dokumenteeritud 914 merelises keskkonnas elutsevat liiki, kes on plastist füüsiliselt või läbi seedetrakti mõjutatud (Kühn, Franeker 2019). Siiani on läbi viidud 747 uurimust, mis käsitlevad mereloomade plasti külge füüsilist takerdumist või plasti alla neelamist (Kühn, Franeker 2019). Plastist mõjutatud liikidest 701 liigil on täheldatud plasti alla neelamist, 354 liigil füüsilist takerdumist (Kühn, Franeker 2019).

Mikroplast ehk <5 mm ja väiksemad plasti osakesed on potentsiaalne oht mereelustikule. Toitumise käigus satub mikroplast paljude meres elavate loomade organismi ning kuna enamik temaatilised uuringud on olnud lühiajalised, siis pikaajalise mõju kohta on infot veel vähe (Beer et al., 2018). Mikroplasti seedetrakti läbimise kiirus on liigispetsiifiline ja sõltub liigi toitumisest, toidu hankimise viisist ja ümbritseva keskkonna plastisisaldusest (Torn, 2019).

Plasti tootmine on viimase kolme kümnendi jooksul (1985-2015) kasvanud eksponentsiaalselt (Beer et al., 2018). Beer'i uurimuses "*No increase in marine microplastic concentration over the last three decades - A case study from the Baltic Sea*" võrreldakse omavahel merevee, planktoni ja selgroogsete (täpsemalt kahe planktontoidulise kalaliigi) plastisisaldust, nende omavahelist seost ning selle muutumist ajas. Näiteks 814 kalast 20% sisaldasid plastiosakesi, millest 95% olid mikroplastid, millest omakorda 95% olid fiibrid. Kui vee plastisisalduse tase on viimase kolme kümnendi jooksul tõusnud eksponentsiaalselt, siis mikroplasti sisaldus planktonis ega sellest toituvast kalas ei ole selle aja jooksul oluliselt muutunud (Beer et al., 2018).

Beer'i artiklis on välja toodud, kui vähe on tegelikult teada plasti metabolismist ja seega ka käitumisest ökosüsteemis (Beer et al., 2018). Uurimuses ei pööratud aga tähelepanu settinud plastile, mille arvestamine oleks võinud käsitleva uuringu tulemusi mõjutada.

Mereplasti seni tekitatud mõju keskkonnale on tagasipöördumatu (Villarrubia-Gómez et al., 2018). Plastidest on saanud soodsad elupaigad kõval substraadil elavatele loomadele, näiteks vääneljalalistele ja karpidele, plastid esinevad ajutise varjealuse või elukohana ka liikuvatele organismidele, lisaks on mereplast elupaigaks toksilistele vohavatele vetikatele, viirustele ja mikroobide kolooniatele (Villarrubia-Gómez et al., 2018). Meres liikuv, mis iganes suurusega plast, on võimeline transportima liike, sealhulgas võõrliike, muutes ökosüsteeme ja nende toimimist ning geneetilist variatiivsust (Villarrubia-Gómez et al., 2018). Lisaks eritab plast merelisse keskkonda normist palju suuremas kontsentratsioonis püsivaid orgaanilisi saastajaid (POPs), mis plasti pinnalt keskkonda erituvad ning sealt veega läbi seedesüsteemi organismidesse jõuavad (Villarrubia-Gómez et al., 2018).

Sigareti konid on ühed kõige toksilisemad jäätmed maailmas, sisaldades rohkem kui 4000 mürgist kemikaali ja avaldades ohtu nii inimesele, loomadele, elupaikadele kui ka mereelustikule (Kurmus, Mohajerani 2020). Oma väikesest suurusest olenemata pärineb triljonites tonnides toodetavatest sigarettidest suur hulk mürgiseid jäätmeid (Kurmus, Mohajerani 2020). 2016. aastal toodeti 5,7 triljonit sigaretti tselluloos-atsetaat filtritega, mille lagunemine võtab olenevalt keskkonnatingimustest aega kuni 10 aastat ning selle vältel toimub pidevalt raskemetallide ja toksiliste ainete eraldumine keskkonda (Kurmus, Mohajerani 2020). Üheks võimalikuks lahenduseks vältimaks keskkonnareostust oleks sigaretikonide taaskasutamine erinevateks materjalideks (Kurmus, Mohajerani 2020).

Tänavatele visatud sigaretikonid uhutakse vihmaveega tihtipeale äravooluvette ning sealt edasi jõgedesse, merre või randadele, kus algab lagunemine ning toksiinide eraldamine keskkonda (Kurmus, Mohajerani 2020). Merelise keskkonnaga seotud loomad ajavad sigaretikonisid tihti toiduga segamini, mille läbi satuvad konid loomade seedesüsteemi. Sigaretikonisid on leitud merikilpkonnade, lindude, kalade jpm loomade

seedesüsteemist, kus need on tekitanud suuri tüsistusi, mis on osadel juhtudel viinud surmani (Kurmus, Mohajerani 2020).

Sigaretikonide genotoksiline efekt *Escherichia coli* WP2uvrA ja *Salmonella typhimurium* TA98 ja TA100 bakteritüvede näitel on leitud, et sigaretikonid mõjuvad mutageenselt ka eksogeenses keskkonnas (Kurmus, Mohajerani 2020) ja seega kujutavad sigaretikonid suurt ohtu keskkonnale. Arvestades sigaretikonide iga-aastast tekkehulka ning kemikaalide rohkust on sigaretikonid suureks probleemiks keskkonnale, kuid selle lahenduseks võib osutuda taaskasutus. Sigaretikonide võimalikud taaskasutusvõimalused on betoonasfalt, savitellised, süsinikuallikas, müra summutav materjal, korrosiooni inhibiitor, biofilmi substraat ja palju muud (Kurmus, Mohajerani 2020).

2020. aastal Kariibi mangroovides läbi viidud uuringust selgus, et 22 kalaliigist koosneva valimigrupi 302 isendi seedetraktist leiti kokku 69 mikroplasti tükki (Garcés-Ordóñez, 2020). 7% analüüsitud kaladest sisaldasid mikroplasti osakesi, millest 55% olid filamendid, 23% fragmendid, 19% kile ja 3% vaht. Saab järeldada, et kalu ja seega ka inimesi mõjutavad läbi seedetrakti enim filamendid, fragmendid ja kilereostus. Nii ulatuslik mikroplasti reostus on oht mereelustikule ning seeläbi kalandusele ning ühiskonna tervisele, mis nõuab kohest tegutsemist (Garcés-Ordóñez, 2020).

Põhjameres läbi viidud 2020. aasta uuringus uuriti kalade mikro- ja mesoprügi sisaldust läbi seedetrakti (Kühn et al., 2020). Valimis oli 4389 isendit 15 liigist, mis andis võimaluse analüüsida plastisisalduse ajalist varieeruvust ning ruumilist jaotust (Kühn et al., 2020). Kalade plastisisaldus oli madal, 1,8% kaladest sisaldasid plasti, mis teeb vastavalt 0,022 plastiobjekti kala kohta (Kühn et al., 2020). Erandina võib välja tuua Atlandi tursa, mille plastisisalduseks oli 12,3%, mis on keskmisest oluliselt kõrgem (Kühn et al., 2020). Põhiliseks seedetrakti sattunud mereprügi liigiks olid fiibrid (Kühn et al., 2020). Kalade plastisisalduse ja rannaala kauguse vahel korrelatsiooni ei leitud, kuid talviti täheldati väiksemat läbi seedetrakti plasti omastamise kogust (Kühn et al., 2020).

Võrreldes 2020. aastal Kariibi mangroovides läbi viidud uuringuga on Põhjameres kalade plastisisaldus oluliselt väiksem – Kariibi meres 7% ning Põhjameres 1,8% (Garcés-Ordóñez, 2020; Kühn et al., 2020). Mõlemas piirkonnas domineerisid alla neelatavatel prügiobjektidel fiibrid, seega võib järeldada, et fiibrid ohustavad enim merelist makrofauna ning on kalanduse läbi ohuks ka ühiskonna tervisele. Fiibrid satuvad merelisse ökosüsteemi õhu kaudu (Kühn et al., 2020), samuti võivad fiibrid merre sattuda majapidamistest kanalisatsiooni äravooluvee kaudu (Balciunas, 2018). Fiibrite väikese suuruse tõttu ei suudeta neid veepuhastusjaamades veest eraldada (Balciunas, 2018).

Läbi seedetrakti ei mõjuta makrofauna mitte ainult mikro- ja mesoprügi, vaid ka makroprügi. 2020. aastal jälgiti makrofauna muutumist, arvukust ning liigirikkust-s alamklassis Elasmobranchii (haid, raid jne) eesmärgiga leida mere sügavike makroprügisse takerdumise monitoorimiseks indikaatorliik (Valente et al., 2020). Uuriti 122 isendit seitsmest Elasmobranchii alamklassi kuuluvast taksonist, välisel uuringul ei täheldatud ühelgi isendil füüsilist takerdumist mereprügisse (Valente et al. 2020). Seitse prügiobjekti leiti kuuest isendist, neljast erinevast liigist, mis teeb esinemissageduseks 4,9% (Valente et al., 2020). Prügiobjektide madal esinemissagedus näitab, et arvestatava valimi saamiseks tuleb uurida liialt palju isendeid, mis ei tee alamklassi Elasmobranchii kuuluvaid isendeid sobivateks indikaatorliikideks süvamere makroprügi monitoorimiseks (Valente et al., 2020). Samuti võivad seedimatud makroprügi osakesed kergemalt Elasmobranchii taksonisse kuuluvate loomade seedesüsteemist väljuda, kuna toidu seedimisel toimub seleksioon ning luud, soomused ja muu seedimatu materjal oksendatakse välja, mis võib juhtuda ka makroprügi osadega, seega võib makroplasti seedeelundkonnas viibiv ajaperiood olla lühem kui toidu oma (Valente et al., 2020). See võib omakorda viia süvamerepõhja makroprügi hindamise ja makrofauna prügisse takerdumise ning meso- ja makroprügi sissesöömise mahu alahindamiseni (Valente et al., 2020).

2008. aastal läbi viidud aastane uuring Saronikose väinas, Kreekas käsitles makroprügi mõju pehmel substraadil elavale makrofaunale (Akoumianaki et al., 2008). Vaadeldi kolme süvavee piirkonda, milles uuriti prügile eksponeeritud ala (prügi tihedus oli 16 eset 100 m² kohta) ning seda võrreldi lähedal asuvate kontrollaladega, kus prügi ei

leidunud (Akoumianaki et al., 2008). Uuringus otsest seost pehmel substraadil paikneva makrofauna elustiku struktuuri ja makroprügi esinemise vahel ei leitud. Põhjus võib olla selles, et pehmel substraadil elavad loomad on vähem mõjutatud tahketest objektidest mere põhjal ning ei aja neid nii kergelt toiduga segamini kui näiteks veesambas elutsev makrofauna (Akoumianaki et al., 2008). Uuring kestis aasta aega, ehk uuriti lühiajalist mõju; pikaajaline eksponeeritus makroprügile võib pehmel substraadil elavat makrofaunat rohkem mõjutada (Akoumianaki et al., 2008).

2016. aastal läbi viidud uuringus paljastati vähilaadsete alamhõimkonda kuuluvat norra salehomaari (*Nephrops norvegicus*) plastile 8 kuu jooksul, mille järel analüüsiti läbi seedetrakti organismi jäänud polüpropüleen fiibrite mõju liigi kasvule ja toitumisseisundile. Plastile eksponeeritud homaaril olid toimunud organismis muutused, mis olid võrreldavad nälgunud kontrollgrupi isendite omadega ehk kehamass, vere valgusisaldus ja organismi lipiididega varustamine olid vähenenud (Welden, Cowie 2016). Uuringuperioodi lõpuks sisaldasid mikroplastiga kokkupuutunud isendid samasuguseid mikroplasti agregaatide, nagu ka Clyde'i merest leitud suuruselt väiksemad loomad (Welden, Cowie 2016). Seega vähendab keskkonna kõrge mikroplasti sisaldus salehomaari kehamassi ning toitainete omandamisvõimet, mis võib viia populatsiooni arvukuse vähenemiseni (Welden, Cowie 2016).

2020. aastal Tartu Ülikooli Eesti mereinstituudis läbi viidud uuringus hinnati plasti mõju alla neelamise teel riimveelises keskkonnas elutsevatele harilikule rändkrabile (*Rhithropanopeus harrisi*) (Torn, 2019). Jälgiti plasti mõju kasvavatele rändkrabidele ning kui kaua plast seedesüsteemis püsib. Plasti seedesüsteemi läbimise kiirus sõltub plasti suuruselt ja kujust, mida väiksemad on plastosakesed, seda kauemaks need organismi jäävad, näiteks mikroplasti osakesed väljutati kehast peale lühiajalist plastile eksponeeritust kuni 24 tunni möödudes, kuid suuruselt väiksematest fiibritest tekkinud tombud kogunesid pikemaks ajaks kuni jäädavalt organismi (Torn, 2019). Kasvavad harilikud rändkrabid eksponeeriti plastile kahe kuu vältel ning võrreldi kontrollgrupiga, mille isendeid kasvatati normaalingimustes, toites vaid kalaga (Torn, 2019). Plastile eksponeeritud krabid kaalusid vähem kui kontrollgruppi kuuluvad krabid ning sisaldasid fiibreid ka 12 päeva peale viimast fiibritega toidukorda (Torn, 2019).

Kõikidest uuritud 152 hariliku rändkrabi isenditest leiti seedetraktist fiibreid 5%, dokumenteeriti üksikuid kui ka kokku sõlmunud fiibreid (Torn, 2019).

Paljude koorikloomade puhul on täheldatud võimetust eristada plastikosi toidust, Torni 2019 aasta uuringu põhjal selgus, et hariliku rändkrabi puhul selekteeritakse toiduvalikust välja vaid need plasti osad, mis on söömiseks liiga suured (Torn, 2019). Teiste koorikloomade puhul on täheldatud, et toidust ei selekteerita välja plasti osi, mis on väiksemad kui 100µm (Torn, 2019).

Eelmainitud lüljalgsed norra salehomaar (*Nephrops norvegicus*) ja harilik rändkrabi (*Rhithropanopeus harrisii*) on mikroplastist sarnaselt mõjutatud. Mõlemad liigid näitasid kasvu aeglustumist olles eksponeeritud plastile läbi toitumise. Arvestades, et norra salehomaari eluea seisukohalt pikaajaline plasti allaneelamine põhjustas isendite vähenenud vitaalsuse, normaaltingimustes kasvanutega võrreldes nõrgemad ja suuruselt väiksemad isendid, võib plasti mõju seedetrakti kaudu olla sarnane ka teistele lüljalgsetele. See võib omakorda viia populatsiooni üldise arvukuse ja elujõulisuse vähenemiseni ning seega otseselt mõjutada ka liikide elutegevust. Lüljalgsete organismidesse ladestuvad fiibrid jõuavad läbi püügi toidulettidele ning võivad seeläbi mõjutada ühiskonna tervist.

6. Uurimisprojekti kavand

6.1. Uurimisprojekti ülevaade

Uurimisprojekti eesmärgiks on Eesti liivarandadel kaldale uhutud mereprügi uurimise ja analüüsi käigus määrata leitud prügi koostis ja päritolu. Randadelt kogutakse üle 5 mm suurused prügitükid, sorteeritakse suuruse ja koostise põhjal ning analüüsitakse, võimalusel määratakse ka prügi päritolu. Uurimuse jooksul kogutud infot saab kasutada prügi käitumise mõistmiseks erinevates ökosüsteemides. Samuti saab infot kasutada meetodite väljatöötamiseks, kuidas prügi levimist takistada. Päritolu väljaselgitamise puhul tekib võimalus prügi allikaid omakorda edasi uurida.

Töö on osa suuremast projektist – *“Litter rim of the Baltic Sea coast: monitoring, impact, and remediation”* (ERA.Net RUS BalticLitter), mille käigus jälgitakse ja uuritakse Läänemere erinevate piirkondade ning ökosüsteemide olukorda. Jälgitakse mereprügi kogust, jaotatust ja koostist ning selle muutumist ajas. Plaan on samu katseid aja jooksul korrata erinevates merepiirkondades ja Läänemere-äärsetes riikides. Saadud andmete põhjal saaks tulevikus ennustada prügi käitumist ökosüsteemis, ennetada või parandada inimtekkelisi keskkonnakriise. Uuritakse inimtekkelise mereprügi jaotust ja käitumist nii veesambas, mere põhjal kui ka randadel.

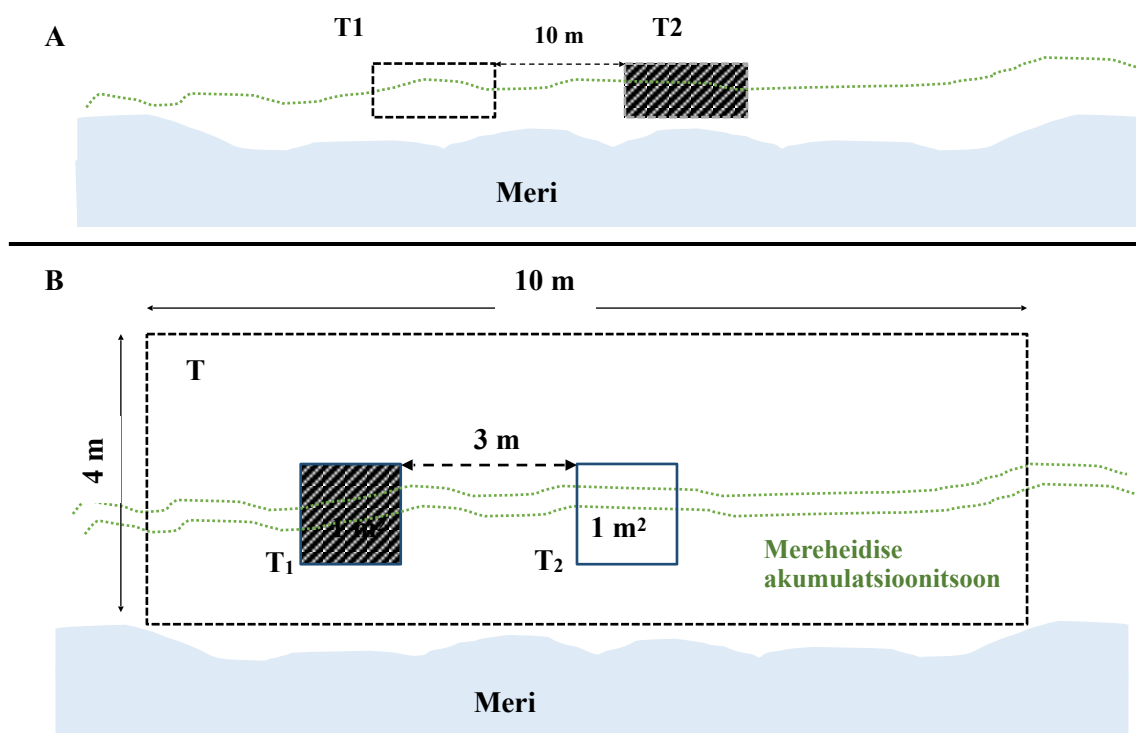
Uurimispiirkondadeks on liivarannad Eestis. Uuritakse just liivarandu, sest liival on prügi korjamise protsessi lihtsam läbi viia kui näiteks kivisel või mudasel pinnal ning meetoodika on välja töötatud just liivarandade uurimiseks.

Randade valikul peetakse silmas mitmekesist asukohta, näiteks inimtegevuse keskmes olevad või eraldatumad rannad. Samuti arvestatakse sellega, et liivariba laius rannas oleks piisav kasutatava meetodi rakendamiseks (Tammai et al., 2011). Randadelt leitavat prügikogust võivad mõjutada ka ilmastikutingimused, näiteks tormid.

6.2. Uurimisprojekti metoodika

Prügi korjamiseks kasutatavaks meetodiks on valitud meetod, mis põhineb Saksamaal asuva *Leibniz-Institute for Baltic Sea Research* (IOW) välja töötatud looduslike liivaste randade mereprügi monitoorimise meetodil, mis on täiustatud projekti ERA.Net RUS BalticLitter jaoks.

Kasutades mõõdulinti, märgistatakse juhuslikult valitud rannapiiriga horisontaalselt jääva 10 m × 4 m suuruse uurimisala piirid (joonisel 2 sektsioonis A on ala märgitud tähisega T1). Uurimisala asukoht peab katma mereheidise akumulatsioonitsooni ehk ala kuhu koguneb lainete poolt kaldale uhutu. Asukoha koordinaadid võetakse uurimisala ühest servapunktist. Seejärel vaadeldakse uuritav ala visuaalselt üle ning korjatakse ühte kotti kokku kõik >25 mm makroprügi, kott markeritakse proovikoha nime ja kuupäevaga, leitud esemed laboris hiljem kaalutakse ja hinnatakse nende maht.



Joonis 2. Projekti ERA.Net RUS BalticLitter jaoks IOW tööühma poolt valmis tehtud skemaatiline joonis uurimis- ja kontrollalade paigutusest rannal. Joonisel on tähistatud kaks eraldi sektorit: A ja B. A sektoris on tähistatud põhiline uurimisala märgisega T1 ning kontrollala märgisega T2. B sektoris on tähistatud suurelt üks uurimis- või kontrollala T, milles asuvad kaks 1 m²-ruutu T1 ja T2.

10 m × 4 m suuruses uurimisalas märgitakse maha kaks 1 m²-ruutu: üks ruut visuaalse vaatluse põhjal kõige suurema prügi kontsentratsiooniga alas, teine ruut esimest ruudust 3 m kaugusel. Joonisel 2 on B sektsioonis ruudud märgitud sümbolitega T₁ ja T₂.

Markeeritud 1 m²-ruudul sõelutakse läbi 2 cm pealmist pinnakihti ning korjatakse välja sõelale jääv mitteorgaaniline materjal. Sõelumine toimub 2 mm võrguavaga sõelaga, mis uhutakse ettevaatlikult veega läbi. Tagamaks liivakihi paksuseks 2 cm, märgitakse markeriga joon metallkühvli servale. Kõrgeima prügi kontsentratsiooniga 1 m²-ruudult pärit proovi sisaldav minigrip-kott ning teiselt ruudult pärit minigrip-kott markeeritakse eristatavalt. Minigrip-kottidele lisatakse ka proovikoha nimi ja kuupäev.

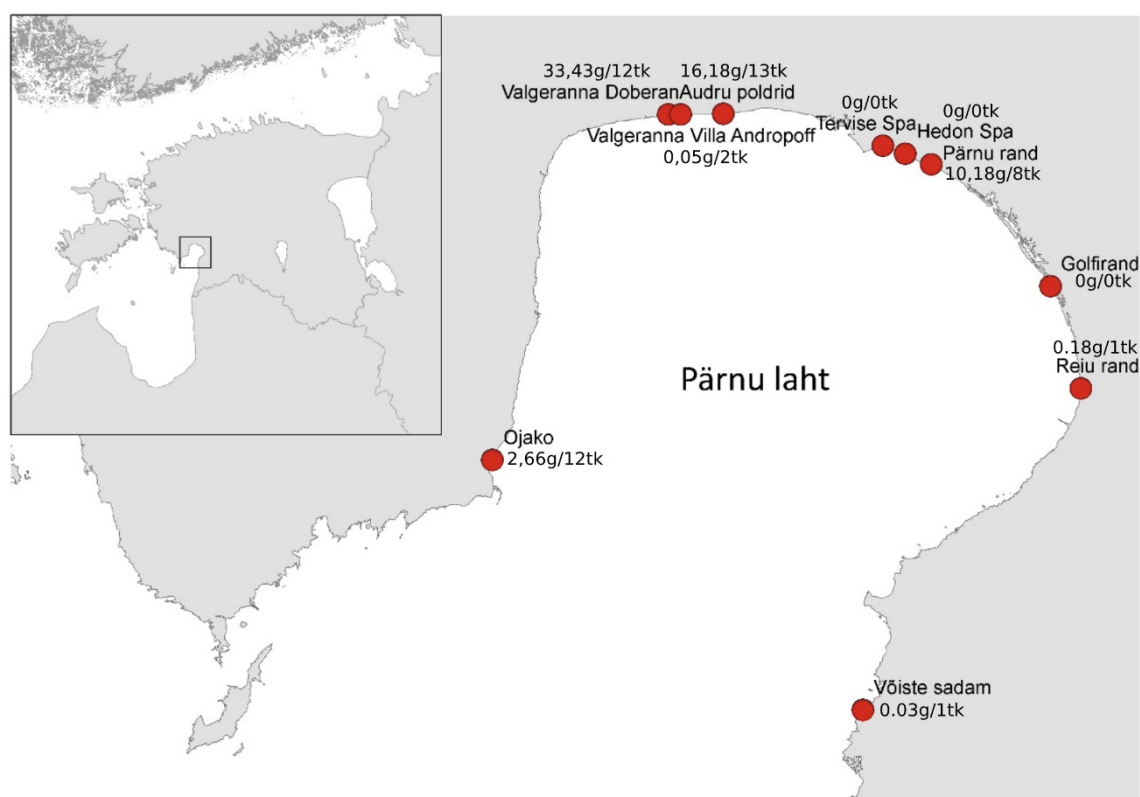
Uurimisalast 10 m eemal tehakse kontrolliks samasugune 10 m × 4 m ala, milles on 2 × 1 m² ala. Kokku tehakse ühes merelahas uurimisalasid kümnes kohas (10 × (10 m × 4 m + kontroll 10 m × 4 m)). Joonisel 2 on A sektsioonis kontrollala märgitud tähisega T2.

Minigrip-kottidesse kogutud proovid viiakse laborisse, kus leitud esemed mõõdetakse millimeetripaberil ja kategoriseeritakse materjali alusel, kas plast, klaas, paber, metall või muu. Kategoriseerimine toimub WG-GES juhendi alusel (lk 110-118, WG-GES, 2013). Kõikidest prügi objektidest tehakse fotod ja kogutud info põhjal täidetakse protokoll.

On palju olukordi, mis võivad muuta randadel leiduva mereprügi hulka ja olemust. Kõik potentsiaalsed uuringutulemused muutuvad tegurid märgitakse raportisse, et tagada info korrektne tõlgendus. Sellisteks olukordadeks võivad olla näiteks randade koristused, autorataste jäljed, kõrge tõus, äravooluvee ebatavaline küllus, suur tuul, vihm või torm.

6.3. Välitöömetoodika kontrollimine

2018. aasta oktoobris alustati uuringu metoodika kontrollimise läbiviimisega Pärnu lahe liivarandadel. Kontrolliti, kas peatükis 6.2. kirjeldatud meetodid osutusid välioludes kohaseks. Kontroll viidi läbi järgmistel randadel: Ojako puhke- ja koolituskeskuse rand Marksa külas, Doberani Rannamaja ja hotell Villa Andropoffi rand Valgerannas, Audru poldri hoiuala rand, Pärnu linnas Tervise ravispaahotelli lähedusse jääv Pärnu muuli äärne rand, Pärnu rand Hedon Spa juures, Pärnu rand Rannahotelli juures, Reiu külas asuva Pärnu Bay Golf Links golfiväljakute lähedal asuv rand, Reiu rand, Võiste sadama kõrval olev rand (joonis 3).



Joonis 3. Uuringu metoodika kontrollimise raames kontrollitud liivarandade asukohad Pärnu lahe ääres. Ranna nime juures on märgitud rannalt leitud prügi kaal ning kogus tükkides kujul kaal/tükid.

Pärnu lahe ääres on võimalikud prügitekitajad turism, jõed, sadamad ja tehased. Pärnu on Eesti suvepealinn 1996. aastast (Tammai et al., 2011). Eesti statistikaameti andmetel elab Pärnu linnas 2019. aasta 1. jaanuari seisuga 50 643 inimest (Eesti statistikaamet, 2020). Pärnu rand on suveperioodil väga populaarne turismipiirkond, hinnatav suurim külastatavate inimeste arv tipphooajal on 15 000, keskmine inimeste arv 5000.

Prügiobjekte leiti randade peale koos kontrollpindadega kokku 49 tükki. Enim prügiobjekte leidis põhiliselt neljas rannas – Audru poldrid (13 tk), Ojako (12 tk), Valgeranna Doberan (12 tk) ja Pärnu rand (8 tk), millele järgnesid Valgeranna Villa Andropoff (2 tk), Võiste sadam (1 tk) ja Reiu rand (1 tk). Prügi ei leitud kolmelt rannalt: Golfirand, Hedon Spa rand ja Tervise Spa rand.

Prügi kaalu poolest oli suurim prügi hulk Valgeranna Doberani rannal, suurima prügi koguse prügiobjekte leiti Audru poldritelt, *ca* pool kogu prügi massist leiti rannalt Valgeranna Doberan (joonis 3).

Pärnu lahe äärsetelt randadelt leitud prügiobjektid olid 84% ulatuses polümeerid ehk plastid või klaas/keraamilised elemendid. Klaasist elemendid olid pärit neljast uuritavast rannast, plastist prügiobjekte leidis viielt rannalt. Enamus plast, nimelt 6 prügiobjekti, oli pärit Pärnu rannalt, mis on ka uuritavatest randadest külastatuim ning inimtegevusele kõige lähedamal asuv rand. Plasti osakaal ei tule prügi kaalust esile, kuna plastid on väikese tihedusega ning seega ka kaalult kergemad materjalid võrreldes näiteks klaasi või parafiiniga. Kõrge parafiini protsent tükkide arvult tuleneb vaid ühelt rannalt, nimelt leiti Ojako rannalt 6 parafiinitükki, mis tundusid olevat lagunenuid ühest parafiinitükist ning seega on leitud parafiinitükkide arv viinud parafiini osakaalu suureks (tabel 1.). Polümeeridest ehk plastist prügiobjektid olid enamasti plastitükid, kilekotid ja kommipaberid. Klaasi või keraamiliste prügitükkide hulka kuulusid ainult erinevas suurustes klaasikillud. Leiti ka paberist või papist ning metallist prügiobjekte, näiteks paberitükke ja pudelikorke.

Tabel 1. Prügiobjektide koostis kõikide Pärnu lahe randade lõikes.

| Prügiobjektide materjal | Prügiobjektide arv | Prügiobjektide kogus protsentuaalselt (%) |
|-------------------------|--------------------|---|
| Klaas/keraamika | 21 | 43 |
| Plast | 20 | 41 |
| Parafiin | 6 | 12 |
| Metall | 1 | 2 |
| Paber/papp | 1 | 2 |

Uuringu metoodika kontroll on näidanud, et uurimisprojektiks valitud meetod on edaspidisteks uuringuteks sobilik ning uuringu põhjal saab edukalt määrata liivarandade prügiobjektide arvu, massi ning prügi koostis. Samuti pannakse kirja ka ilmastikuolud ning muud tegurid, mis võivad hiljem viidata ebatavalise prügi olemuse põhjusele rannal, näiteks autorehvide jäljed, hiljutised tormid, üritused rannal, randade koristused jms. Meetodi puuduseks võib välja tuua prügiobjektide päritolu määramise keerukuse. Näiteks leiti vahtpolüstürooli meenutavaid plastosakesi, mis võisid tuleneda kalanduses kasutatavatest ujukitest, mis liigitub merelise päritolu alla või ehitusvaldkonnast või pakendamisest, mis liigitub maismaa päritolu alla.

Kokkuvõte

Uurimustöö hüpoteesina eeldasin, et plastist läbi seedetrakti mõjutatud merelises keskkonnas elavad isendid on vähem elujõulised (st väiksem suurus, toitainete omastamisvõime, sigimisedukus), kui isendid, kes plastile läbi seedetrakti eksponeeritud ei ole. Samuti eeldasin, et levinuimaks seedetrakti sattuvaks plastobjektiks on kiud ehk fiibrid. Alternatiivhüpoteesina eeldasin, et plast ei mõjuta merelises keskkonnas elavate isendite elujõulisust. Hüpotees pidas paika ning levinuim prügiliik, mida merelises keskkonnas elavatest isenditest on leitud on plast, eelkõige kiud ehk fiibrid. Plastile eksponeeritud loomad on kirjanduse põhjal vähem elujõulisemad, kui plastivabas elukeskkonnas kasvavad ja elavad isendid.

Pidev plasti tootmine ning selle kehv ja ebapiisav ümbertöötlemise süsteem on viinud olukorrani, kus ca 10% kogu plastprügist jõuab merelisse keskkonda. Majapidamises kasutatavad kosmeetika- ja puhastustoodetest pärit mikroplast ja tekstiilikiud jõuavad merre läbi reovee ning oma väikese suuruse tõttu ei suudeta reoveest tõhusalt mikroplasti ning fiibreid eemaldada.

Läänemeres Eesti piirkonna ümbruses looduslikel aladel leidub mereprügi vähesel määral ning Läänemere alambasseini keskkonnaseisund on hea. Läänemere-äärsetel randadel moodustab plast leitavast mereprügist erinevatel andmetel umbes 60% kuni 70%, liivarandadel on üheks oluliseks prügiallikaks turism ja sadamad.

Üldise arusaama järgi pärineb mereprügi üht või teist teed pidi siiski maismaalt. Töös käsitlevate uuringute põhjal domineerivad plastid mere pinnal ulpivast, ranna ning merepõhja settinud prügist. Settinud merepõhja prügist moodustab plast pea 80%, randadel umbes 60-70%.

Mereprügi ning just plasti rohkus merelises keskkonnas on jõudnud tasemeni, kus plastisisaldus kalades näiteks Kariibi mangroovidel on 7% ning Põhjameres 1,8%. Makroprügi esinemissagedus merepõhja makrofaunas on 4,9%.

Paljude koorikloomade puhul on täheldatud võimetust eristada plastikosi toidust ning välja ei selekteerita plasti osi, mis on väiksemad kui 100µm. Plastile läbi seedetrakti eksponeeritud harilikud rändkrabid kaalusid vähem kui vaid kalaga toidetud rändkrabid. Keskkonna kõrge mikroplasti sisaldus vähendab vähilaadsete alamhõimkonda kuuluvat norra salehomaari kehamassi ning toitainete omandamisvõimet, mis võib viia populatsiooni arvukuse vähenemiseni.

Ulatuslik mikroplasti reostus ja merelises keskkonnas elavate loomade plastisisaldus on oht mereelustikule ning seeläbi kalandusele ning ühiskonna tervisele, mis nõuab kohest tegutsemist.

Summary

As a hypothesis, it was set that marine life affected by plastic trough ingestion have reduced body condition, weigh less and worsened nutritional state. It was also suggested, that the most ingested marine litter parts are plastic and more specifically fibers. As an alternative hypothesis, it was set that ingesting plastic fragment do not affect marine life. The hypothesis was confirmed and marine life effected by plastic trough ingestion have reduced body condition, weigh less and have worsened nutritional state. The most common marine litter found in digestive systems of the examined species were fibers.

Constant mass manufacturing of plastic and its insufficient recycling has led to a situation, where 10% of all plastic litter finds its way to marine environment. Plastic fibers from cosmetics, detergents and other household chemicals end up in marine environment through sewage systems. Because of their small size, fibers can't be sufficiently removed from the sewage water.

On the rural coasts of Baltic Sea there is little marine litter to be found and environmental situation of the region is good. From the overall beach litter plastic makes up about 60% to 70%. Main sources of beach litter are tourism and ports. As a general conception, all source of marine litter is land. In conclusion, of the surveys analyzed, the main material of marine litter was plastic. From the benthic marine litter 80% consists of plastic.

Plastic level in marine litter has reached a level, where plastic fragments can be found in marine life. For example, 7% of the fish in Caribbean Mangroves and 1.8% of fishes in Baltic Sea contain plastic pieces. Macro-litter occurs in 4.9% of the benthic species.

Inability to make difference between food and plastic pieces have been noticed on many species from taxon Arthropod. Plastic pieces that are too big for ingestion, over 100µm, are excluded. Species from the taxon Arthropod showed lessened feeding rate, body mass, and nutritional state while being fed with plastic fragments. 5% of the studied Crustaceans contained plastic fragments after the test period. *Nephrops norvegicus* was

exposed to plastic through ingestion over 8 months period. After the test period subjects showed reduced body condition, weight loss and worsened nutritional state. The test subjects were similar to the smaller specimens found in Clyde sea. In conclusion, high microplastic contamination in marine environment causes ingestion of plastic, that reduces body condition, weight and nutritional state in taxon Arthropod, which could lead to decrease in abundance.

Extensive pollution of microplastic and contamination of marine fauna is a threat to marine life and thus to fishing industry and public health, which requires immediate action.

Kasutatud kirjandus:

Akoumianaki, I., Kontolefas, P., Katsanevakis, S., Nicolaidou, A., Verriopoulos, G., „Mediterranean Marine Science” 2008, ePublishing, Mediterranean Marine Science, vol 9

Balciunas, A., „Marine litter pollution at the Lithuanian open sea and coastal areas” 2018 IEEE/OES Baltic International Symposium (BALTIC), pp. 1-6, doi: 10.1109

Battisti, C., Fanelli, G., Filpa, A., Cerfolli, F., “Giant Reed (*Arundo donax*) wrack as sink for plastic beach litter: First evidence and implication” 2020, Marine pollution bulletin, vol 155, 111179

Beer, S., Garm, A., Huwer, B., Dierking, J., Nielsen, T. G., „No increase in marine microplastic concentration over the last three decades - A case study from the Baltic Sea,” 2018 Science of the Total Environment DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.101

Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M., „Marine Anthropogenic Litter” 2015, Springer Open https://www.resource-recovery.net/sites/default/files/bergman_et_al_anthropogenic_litter_2015_web_1.pdf

BLASTIC „An Introduction to Plastic and Marine litter” 2015 <https://www.blastic.eu/knowledge-bank/introduction-plastic-marine-litter/>

Eesti statistikaamet “Pärnu linn” 2020, <https://www.stat.ee/ppe-51203>

Euroopa Komisjon, 2017. Komisjoni otsus (EL) 2017/848, 17. mai 2017, millega nähakse ette mereala hea keskkonnaseisundi kriteeriumid ja metoodikastandardid ning seire ja hindamise spetsifikatsioonid ja standardmeetodid ning millega tunnistatakse kehtetuks otsus 2010/477/EL

Eurostat „Euroopa statistika” 2019 <https://ec.europa.eu/eurostat/>

Eurostat „Jäätmetstatistika” 2019 https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics/et#J.C3.A4.C3.A4tmeteke_kokku

Galgani, F., Hanke, G., Werner, S., Oosterbaan, L., Nilsson, P., Fleet, D., Kinsey, S., Thompson, R.C., van Franeker, J., Vlachogianni, T., Scoullou, M., Veiga, J. M., Palatinus, A., Matiddi, M., Maes, T., Korpinen, S., Budziak, A., Leslie, H., Gago, J., Liebezeit G., European Marine Strategy Framework Directive Working Group on Good Environmental Status (WG-GES) „Monitoring Guidance for Marine Litter in European Seas” 2013, CHAPTER 8

Garcés-Ordóñez, O., Mejía-Esquiviad, K.A., Sierra-Labastidas, T., Patiño, A., Blandón, L.M., Espinosa Díaz, L.F., “Prevalence of microplastic contamination in the digestive tract of fishes from mangrove ecosystem in Cispata, Colombian Caribbean” 2020 Marine Pollution Bulletin vol 154, 111085 DOI: 10.1016/j.marpolbul.2020.111085

Gewert, B., Plassmann, M.M., MacLeod, M., „Pathways for degradation of plastic polymers floating in the marine environment” 2015, Environ. Sci.: Processes Impacts, 17, 1513 DOI: 10.1039/c5em00207a

Green, D.S., Boots, B., Blockley, D.J., Rocha, C., Thompson R., „Impacts of Discarded Plastic Bags on Marine Assemblages and Ecosystem Functioning”, 2015, Environmental Science & Technology, 49, 9, 5380–5389 <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b00277>

Haseler, M., Schernewski, G., Balciunas, A., Sabaliauskaite, V., „Monitoring methods for large micro- and meso-litter and applications at Baltic beaches” 2018 Submission to Journal of Coastal Conservation DOI: 10.1007/s11852-017-0497-5

Kershaw, P.J., „Biodegradable Plastics and Marine Litter Misconceptions - concerns and impacts on marine environments” 2015, ResearchGate, Technical Report

Kurmus, H., Mohajerani, A., „The toxicity and valorization options of cigarette butts” 2020 Elsevier, Waste Management 104-108 <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.01.011>

Kühn, S., van Franeker, J.A., O'Donoghue, A.M., Swiers, A., Starkenburg, M., Werven, B., Foekema, E., Hermsen, E., Egelkraut-Holtus, M., Lindeboom, H., “Details of plastic ingestion and fibre contamination in North Sea fishes” 2020 Environmental Pollution, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113569>

Kühn, S., van Franeker, J.A., „Quantitative overview of marine debris ingested by marine megafauna” 2019, Marine Pollution Bulletin, Volume 151, 110858 <https://edepot.wur.nl/513807>

Leibniz-Institute for Baltic Sea Research (IOW) „Micro Litter Monitoring on the Baltic Sea Coast: 10 m² Tidal Zone Monitoring Method” 2018

MARLIN – Baltic Marine litter „Final report of Baltic marine litter project MARLIN - Litter monitoring and raising awareness” 2011-2013 https://www.hsr.se/sites/default/files/content_media/marlin_engelska.pdf

Martin, G., „Merepõhja prügi seire rannikumeres - metoodika ja hinnang MSRD aruandluseks” 2018, DOI: 10.1109/BALTIC.2018.8634860

Nauendorfa, A., Krausea, S., Bigalkea, N.K., Gorb, E.V., Gorb, S.N., Haeckela, M., Wahle, M., Treude, T., „Microbial colonization and degradation of polyethylene and biodegradable plastic bags in temperate fine-grained organic-rich marine sediments” 2016 Marine Pollution Bulletin, 103 (1-2). pp. 168-178. DOI 10.1016/j.marpolbul.2015.12.024.

Press, M., “Merelise prügi seire Eesti rannikualadel 2017-2018” 2019

Pärnu linn. Terviseameti Lääne talitus, „Pärnu keskranne, Vana-Pärnu, Mai ja Raeküla Ranna suplusvee profiil“ 2011 https://www.terviseamet.ee/sites/default/files/content-editor/vanaveeb/Keskkonnatervis/vesi/suplus/Profiilid/Parnu_suplusvee_profiil.pdf

Rothhäusler, E., Jormalainen, V., Gutow, L., Thiel, M., „Low abundance of floating marine debris in the northern Baltic Sea” 2019 Marine Pollution Bulletin 109 <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110522>

Torn, K., “Microplastics uptake and accumulation in the digestive system of the mud crab *Rhithropanopeus harrisi*” 2020, Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 69, 1, 35–42 <https://doi.org/10.3176/proc.2020.1.04>

Valente, T., Scacco, U., Matiddi, M., “Macro-litter ingestion in deep-water habitats: is an underestimation occurring?” 2020, Environmental Research Vol 186, 109556 <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109556>

Villarrubia-Gómez, P., Cornella, S. E., Fabres, J., „Marine plastic pollution as a planetary boundary threat - The drifting piece in the sustainability puzzle“ 2018 Elsevier, Marine Policy <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.11.035>

Welden, N.A.C., Cowie, P.R., „Long-term microplastic retention causes reduced body condition in the langoustine, *Nephrops norvegicus*” 2016 Environmental Pollution 2-4, 10.1016/j.envpol.2016.08.020

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina,

(autori nimi)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on

(juhendaja nimi)

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Marian Metsar

2.06.2020